

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-247095

(43)Date of publication of application : 02.10.1990

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
B23K 26/08

(21)Application number : 02-032282

(71)Applicant : UNITED TECHNOL CORP <UTC>

(22)Date of filing : 13.02.1990

(72)Inventor : GAGOSZ RONALD  
FRYE RICHARD W

(30)Priority

Priority number : 89 314006

Priority date : 22.02.1989

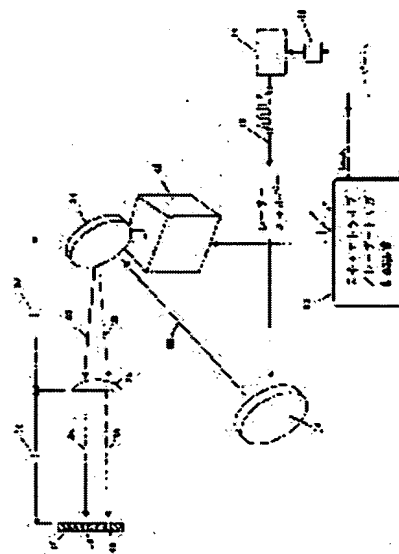
Priority country : US

## (54) LASER PIERCING

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To prevent an object from being heated and to prevent the temp. of a boundary wall of a hole from rising by focusing a laser beam on the first position during the first one pulse and on another successive position during pulses successively generated and repeating it.

**CONSTITUTION:** Many air cooling holes 12 are pierced in an object 10 being a wall part of a hollow turbine blade. A pulse laser 14 is operated by a laser controller 16 to send out laser energies 18. The pulse laser passes through a flat convex lens 28 through reflection mirrors 20, 24 and pierces the object 10. A focus of the beam is changed to another position by rotating the reflection mirror 20, the energy of the beam 26 is converged on a hole of the object 10 by an angle position of the reflection mirror 24 and the flat convex lens 28. The reflection mirror 24 is rotated to a desired position by a galvanometer/ scanner 42, a scanner/drive/laser trigger controller 50 adjusts the scanner to a selected position, the laser 14 is converged on its position. By this method, operated efficiency is improved, an error in a longitudinal direction of the hole is reduced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-247095

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

B 23 K 26/00  
26/08

識別記号

3 3 0

庁内整理番号

7920-4E  
7920-4E

⑭ 公開 平成2年(1990)10月2日

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全5頁)

⑮ 発明の名称 レーザー穿孔方法

⑯ 特 願 平2-32282

⑰ 出 願 平2(1990)2月13日

優先権主張 ⑱ 1989年2月22日 ⑲ 米国(US) ⑳ 314,006

㉑ 発 明 者 ロナルド ガゴツツ アメリカ合衆国, コネチカット, ファーミントン, ウェルズ ドライブ 29

㉒ 発 明 者 リチャード ダブリュー アメリカ合衆国, コネチカット, コベントリー, ハイ スー, フライ トリート 437

㉓ 出 願 人 ユナイテッド テクノ アメリカ合衆国, コネチカット, ハートフォード, ファイロジーズ コーポレーション ナンシヤル プラザ 1

㉔ 代 理 人 弁理士 志賀 富士弥 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

レーザー穿孔方法

2. 特許請求の範囲

(1) パルスレーザービームを用いて、対象物の接近した位置に多数の穴をあけるレーザー穿孔方法において、

最初の一つのパルスの間、前記レーザービームの焦点を最初の位置に合わせ、

順次生ずるパルスの各々の間、前記レーザービームの焦点を順次他の各々の位置に合わせ、

続いて生ずる一つのパルスの間、前記レーザービームの焦点を前記最初の位置に合わせるとともに、その後順次生ずるパルスの各々の間、前記レーザービームの焦点を順次前記他の各々の位置に合わせること繰り返すことから成る、レーザー穿孔方法。

(2) 反射鏡を用いて、前記レーザービームをレンズに対して第1の角度でレンズの方へ反射させることにより、前記レーザービームの焦点を最初

の位置に合わせること特徴とする、請求項1項に記載の方法。

(3) 前記反射鏡を動かして、前記レーザービームを前記レンズに対して多数の異なる角度で前記レンズの方へ反射させることにより、前記レーザービームの焦点を順次他の各々の位置に合わせること特徴とする、請求項2項に記載の方法。

(4) 前記反射鏡を軸線の回りに回転させることにより、前記反射鏡を動かすこと特徴とする、請求項3項に記載の方法。

(5) 前記方法が、前記パルスを各々の位置に5乃至10Hzの周波数で送り出す工程を含むことを特徴とする、請求項1項に記載の方法。

(6) 前記方法が、前記反射鏡を、前記レンズの焦点距離と等しい距離だけ前記レンズから離れた所に配置させて、それぞれ平行な穴をあける工程を含むことを特徴とする、請求項3項に記載の方法。

(7) 前記方法が、前記反射鏡を、前記レンズの焦点距離よりも短い距離だけ前記レンズから離れ

た所に配置させて、発射方向に延在する穴をあける工程を含むことを特徴とする、請求項3項に記載の方法。

(8) 前記方法が、前記反射鏡を、前記レンズの焦点距離よりも長い距離だけ前記レンズから離れた所に配置させて、収束方向に延在する穴をあける工程を含むことを特徴とする、請求項3項に記載の方法。

### 3. 発明の詳細な説明

#### [産業上の利用分野]

本発明は、指向性レーザービームを用いて、小さな穴をあける方法に関し、詳しくは、多数の接近した位置に穴をあける方法に関する。

#### [従来の技術]

高温環境下で動作するガスタービン・エンジンのブレードは、冷却空気穴を通してブレードの内部から外部へ出て行く空気によって冷却される。これらの冷却空気穴は、ブレードの接近した位置に多数形成される。典型的には、一つのブレードに、このような冷却空気穴を400個形成するこ

とができる。

これらの冷却空気穴をあける周知の方法は、パルスレーザービームを使用している。この方法では、高出力ビームの焦点を、対象物上の穴をあける位置に合わせる。対象物に穴があくまで、レーザーは繰り返しパルスを送る。このような方法では、630マイクロ秒のパルスを用いて、2mmの厚さの5544ワスプアロイ(waspalloy)(ニッケルベース合金)に、0.6mmの穴をあけることができる。各々のパルスは、パルス繰返数が5Hzのオーダーで、6ジュールのエネルギーレベルを有する。一つの穴をあけ終わった後、レーザービームの焦点を次の穴をあける位置に移動させる。

#### [発明が解決しようとする課題]

多数の穴をあける場合、穴をあける速度を速めることが望ましい。レーザーは、高周波数で動作することが出来るが、このような高周波数で効率的に穴をあけることは出来ない。例えば、5Hzでは、10パルスで穴をあけることができるが、

-3-

50Hzの周波数では、同じ穴をあけるために15パルスを必要とする。

このような付加的なエネルギーにより、穴をあける対象物が加熱されてしまう。そのため、穴の境界壁の温度が上昇し、熱の影響を受ける領域が広げられる。また、周波数を増加させると、パルス間で冷却するための時間が短くなる。

レーザービームは、レンズから集中して浅い円錐形を形成するので、表面における焦点は、より深い位置では正確な焦点とならない。実際には、部分的にあけられた穴のエッジに鋭角で当たるレーザービームは、穴の下方へ反射して穴の底部に当たり、対象物を溶かして蒸発させる。穴の境界壁の温度がより高くなると、反射しにくくなり、その結果、動作効率を低下させる。また、穴の長さ方向の誤差の可能性が大きくなる。

#### [課題を達成するための手段]

本発明によれば、多数の小さな穴をそれぞれ接近した位置にあけるために、単一パルスの間、レーザーの焦点を最初の位置に合わせ、その後、順

-4-

次生ずるパルスの各々の単一パルスの間、他の多数の位置の各々に順次焦点を合わせる。最初の位置に戻り、穴をあけるべき多数の位置に、レーザーの焦点を順次合わせることを繰り返し、それぞれの穴を貫通させる。

本発明によれば、パルスレーザービームを用いて、対象物の接近した位置に多数の穴をあけるレーザー穿孔方法が提供され、この方法は、最初のパルスの間、レーザービームの焦点を最初の位置に合わせ、順次生ずるパルスの各々の間、レーザービームの焦点を順次他の各々の位置に合わせ、続いて生ずる一つのパルスの間、レーザービームの焦点を最初の位置に合わせるとともに、その後順次生ずるパルスの各々の間、レーザービームの焦点を順次他の各々の位置に合わせることを繰り返すことから成る。

反射鏡を用いることによって、レーザービームをレンズに対して第1の角度でレンズの方へ反射させて、レーザービームの焦点を最初の位置に合わせることが出来る。また、反射鏡を動かすこと

によって、レンズに対して多数の異なる角度でレーザービームを、レンズの方へ反射させて、レーザービームの焦点を順次他の各々の位置に合わせることが出来る。反射鏡は、その軸線の回りに回転させて、動かすことが出来る。また、この方法では、好ましくは、各々の位置に5乃至10Hzの周波数のパルスが送り出される。さらに、この方法では、反射鏡とレンズとの間の距離をレンズの焦点距離と等しくすることによってそれぞれ平行な穴をあけることができ、また、レンズの焦点距離よりも短くすることによって発散方向に延在する穴をあけることもでき、さらに、レンズの焦点距離よりも長くすることによって収束方向に延在する穴をあけることも出来る。

#### 〔実施例〕

以下、添付図面を参照して本発明の実施例を説明する。

本発明の実施例では、中空のタービン・ブレードの壁部の一部を示す対象物10に、多数の空気冷却穴12をあけることが出来る。これらの空気

冷却穴12の各々は、2mmの厚さの壁部を貫通する直径6mmの穴であり、各々の穴の間隔は2mmである。一回の動作で、8つの穴をあけることが出来る。

パルスレーザー14は、レーザー制御装置16によって動作して、パルスビームのレーザーエネルギー18を送り出す。パルスビームは反射鏡20で反射し、ビーム22として第2の反射鏡24に送られる。ビーム22は第2の反射鏡24で方向を変え、ビーム26として平凸レンズ28に送られ、平凸レンズ28を通過して対象物10の表面上に焦点を合わせる。

反射鏡24から平凸レンズ28までの距離30は、1焦点距離である。試し掘りでは、この焦点距離は12.7cmで、平凸レンズ28と対象物10の表面との間の焦点距離32は、同じ12.7cmであった。互いに平行に延在する穴をあける場合には、反射鏡24と平凸レンズ28との間の距離30を1焦点距離とする必要がある。

図面では、パルスビームの中心線が示されてい

-7-

るが、実際には、反射鏡20及び24から平凸レンズ28まで、平行光線の幅広いビームが送られる。その後、平凸レンズによって、ビームが円錐形が形成されるように、ビームを焦点に合わせ、所望の大きさの焦点に渡ってエネルギーを集中させて、0.6mmの穴をあける。ビームのすべての成分の進行方向を同一方向にした場合に、これらが一点に集中することが出来る。反射鏡20を回転させることによって平凸レンズ28の軸線に対する角度を変え、ビームのすべての部分の焦点が別の位置に変わる。

従って、反射鏡24の特定の角度位置で、平凸レンズ28によってビーム26を集中させ、中心線34で示されるビームを出し、対象物10の表面上の穴12のある所にエネルギーを集中させる。反射鏡24の適当な向きによって、穴12が示される所の中間の位置に、ビームを集中させることが出来る。

反射鏡24は、ガルバノメータ・スキャナ42によって所望の位置に回転することが出来る。こ

-8-

れは、反射鏡24を動かして、焦点位置のいずれかの方向に移動させるように動作する。

スキャナ・ドライブ/レーザー・トリガ制御装置50は、選択した位置の各々へのスキャナを制御するとともに、レーザー14からのパルスをその位置に一致させる。穴あけを開始する時に、反射鏡24は、穴12付近の表面にレーザーパルスが集中するように調節される。レーザー・トリガ・エレクトロニクスにより、一つのパルスをその点に送ることができ、表面上の他の穴の一つをあけようとする位置に反射鏡を回転させる。反射鏡24が配置できるようにするために、2番目のレーザーパルスは、多少の時間だけ遅れて、その方向に送られる。

このようにして、レーザーは、穴をあけようとする各々の位置に順次進められる。その後、その位置に2番目の単一パルスを送るために、レーザーは最初の位置に戻る。この操作を続けることによって、(図面では4つが示されているだけであるが) 8つのすべての位置に完全に穴がけられ

-9-

-651-

-10-

るまで、多数の穴に順次信号パルスが送られる。  
 各々の穴が、5 Hz の周波数のパルスを受け取っている間に、レーザーは、パルス当たり6ジュールのエネルギーを有するとともに各々のパルスが630マイクロ秒続く40 Hz のパルスを送るように動作する。各々の穴について、従来の方法と同じ穴あけ繰返数で行われ、そのため、各々の穴について限られた繰返数の効率及び利点が生ずる。しかし、ある位置でパルスを送ってから他の位置に穴をあけるためにパルスを送る間の時間を利用することによって、穴あけ装置の出力が8倍に増加する。

反射鏡24と平凸レンズ28との間の距離30は、焦点距離よりも短く設定することも出来る。このような場合には、多数の穴の中心線が表面から発散する方向に延在する。逆に、距離30を焦点距離よりも長く設定すると、表面から一点に収束する方向に延在するような穴が形成される。

#### [発明の効果]

上述したように、本発明の方法では、多数の小

さな穴をそれぞれ接近した位置にあけるために、単一のパルスの間、レーザーの焦点を最初の穴あけ位置に合わせ、その後、順次生ずるパルスの各々の単一パルスの間、他の多数の位置の各々に順次焦点を合わせ、最初の位置に戻り、順次生ずるパルスの各々の単一パルスの間、レーザーの焦点を多数の穴あけ位置に順次合わせることを繰り返す。従って、一つの穴を明け終わった後、レーザービームを次の穴あけ位置に焦点を合わせる従来の方法に比べて、対象物の加熱を防ぎ、そのため、穴の境界壁の温度の上昇を防ぎ、熱の影響を受ける領域が広がるのを防ぐことが出来る。従って、本発明の方法によれば、穴のエッジに鋭角で当たったレーザービームが穴の下方へ反射しにくくなるのを防ぎ、動作効率の向上させ、穴の長さ方向の誤差を小さくすることが出来る。

#### 4. 図面の簡単な説明

図は、本発明によるレーザー穿孔方法を使用する装置の概略図である。

-11-

-12-

- 10…対象物(タービン・ブレード壁部)
- 12…空気冷却穴
- 14…パルスレーザー
- 16…レーザー制御装置
- 18…レーザーエネルギー
- 20…反射鏡
- 22、26…ビーム
- 24…第2の反射鏡
- 28…平凸レンズ
- 42…ガルバノメータ・スキャナ
- 50…スキャナドライブ/レーザートリガ制御装置

代理人 弁理士 志 賀 富 士 弥  
 (外1名)



